


**ATOMIC-LAYER EPITAXY DEVICE**

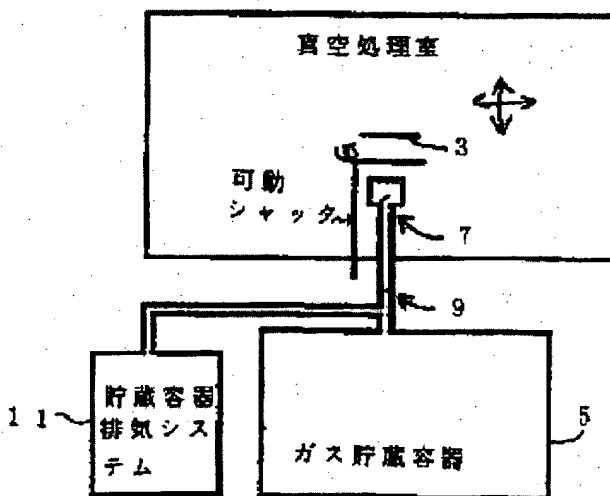
**Patent number:** JP6224138  
**Publication date:** 1994-08-12  
**Inventor:** WALLACE ROBERT M; GNADE BRUCE E  
**Applicant:** TEXAS INSTR INC <TI>  
**Classification:**  
- international: H01L21/205; B01J19/00; C23C16/44; C30B25/02  
- european:  
**Application number:** JP19930184091 19930726  
**Priority number(s):**

Also published as:

 US5316793 (A1)**Abstract of JP6224138**

**PURPOSE:** To highly accurately expose a substrate to gaseous precursor molecules and to form an epitaxial or amorphous adsorption monoatomic layer at an extremely low atmospheric temperature by using an oriented outflow molecular line of a precursor gas and a proper gas storage container.

**CONSTITUTION:** A storage container evacuation system 11 is used for changing gas in a treatment chamber 1. In this case, a gas storage container 5 is closed and all the residual gases in a orifice 9 for limiting the conductance and a capillary array adder 7 is evacuated into the system 11. Then one or plural precursors for forming another monatomic layer or single molecular layer are repeatedly used, together with the same or different precursor. Thus a device to be produced is constructed. Either an automatic or a manual valve can be used for the valve which controls the gas flow rate from a tank in the container 5.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-224138

(43) 公開日 平成6年(1994) 8月12日

(51) Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/205				
B 0 1 J 19/00		L 9151-4G		
C 2 3 C 16/44		B 7325-4K		
C 3 0 B 25/02		Z 9040-4G		

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 7 頁)

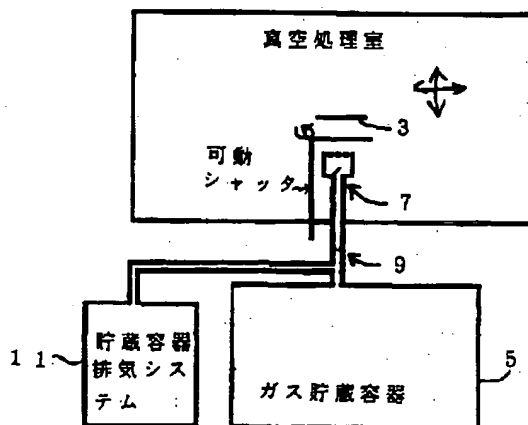
(21) 出願番号	特願平5-184091	(71) 出願人	590000879 テキサス インスツルメンツ インコーポ レイテッド アメリカ合衆国テキサス州ダラス, ノース セントラルエクスプレスウェイ 13500
(22) 出願日	平成5年(1993) 7月26日	(72) 発明者	ロバート エム. ウォラス アメリカ合衆国テキサス州ダラス, ゴルフ レイクス トレイル 9600 , アパート メント ナンバー 1118
(31) 優先権主張番号	9 1 9 6 8 5	(72) 発明者	ブルース イー. グナーデ アメリカ合衆国テキサス州ロウレット, ア ーデイス ドライブ 3702
(32) 優先日	1992年7月27日	(74) 代理人	弁理士 浅村 皓 (外3名)
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

(54) 【発明の名称】 原子層エピタキシー装置

(57) 【要約】

【目的】 原子層毎にあるいは分子層毎に高純度材料のエピタキシャル成長を行うためのシステムと方法を定める。

【構成】 約  $10^{-9}$  Torr よりも低い圧力に排気された真空処理室中に基板が配置され、前記基板から離れた前記処理室中の領域における圧力を約  $10^{-9}$  Torr よりも低い値に保ちつつ、予め定められた量の複数の予め定められた前駆物質ガスが処理室中の前記基板に近接した場所から前記処理室中へ注入されて、前記基板の表面に原子層または分子層を形成する。前駆物質ガスは、その中に予め定められた圧力で収容された前駆物質ガスを含んでいる複数のタンクから、前記タンク中の圧力を保ちつつ、前記タンクの予め定められたものを前記処理室へ向けて予め定められた時間だけ開くことによって供給される。予め定められた量の前駆物質ガスを主として基板へ向けて供給するために添加量を制限する構造が設けられている。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上へ単原子層または単分子層を形成する方法であって：

(a) 排気された処理室中へ基板を配置すること、  
(b) 前記処理室を約  $10^{-9}$  Torr より低い圧力に排気すること、および

(c) 前記基板から離れた前記処理室の領域における圧力を低いままに保ちながら、前記処理室中へ予め定められた量の予め定められた複数の前駆物質ガスを、前記処理室中の前記基板に近い場所から注入して、前記基板の表面に前記単原子層または単分子層を形成すること、の工程を含む方法。

【請求項2】 基板上へ単原子層または単分子層を形成するためのシステムであって：

(a) 排気された処理室、  
(b) 前記処理室を約  $10^{-9}$  Torr よりも低い圧力に排気するための、前記処理室へつながれた排気装置、および

(c) 前記基板から離れた前記処理室の領域における圧力を保ちながら、前記処理室中へ予め定められた量の予め定められた1つまたは複数の前駆物質ガスを、前記処理室中の前記基板に近い場所から注入して、前記基板の表面に前記単原子層または単分子層を形成するための貯蔵容器、を含むシステム。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、高純度の材料を単原子層毎、または単分子層毎にエピタキシャル成長させるための方法と装置とに関する。

【0002】

【従来の技術】 原子層エピタキシー (ALE) は、Vacuum の第42巻、頁61 (1991年) にM. A. ハーマン (Harman) によって述べられ、またChapman and Hall から1990年に出版されたT. サントラ (Suntola) とM. シンプソン (Simpson) 編集によるAtomic Layer Epitaxyに述べられ、更にT. サントラ (Suntola) とM. アントソン (Antson) による米国特許第4, 048, 430号に述べられたように、ここ十年以上に亘って知られている。ALEは、多様な材料の高品質な結晶膜を作成できることを示してきた。ALE方式は実際には、気相堆積 (CVD) や分子線エピタキシー (MBE) のような他の物理的、化学的堆積成長法の1つの特別なモードである。ALEは、注意深く処理された、典型的には加熱された基板表面での化学反応に基づいている。膜の構成元素は、中性の分子や原子のパルスとして逐次的に試料に対して供給される。

【0003】 ALEプロセスにおける化学反応は、表面上の利用できるボンド (反応性サイト) が完全に埋められてしまう点において自己制限的 (セルフ・リミティン

2

グ) である。このことは膜の成長を単一層の反応物化学種に制限する。このプロセスにおける表面化学反応を利用することを通して、前駆物質の反応性促進がより低温において起こることが期待される。分子化学種は、自己制限的反応とより低い成長温度とを利用できるように、既知の表面化学反応から選ばれる。この選択には、反応とより低い成長温度に注目して前駆物質分子を選択することが含まれる。この選択には、表面被覆の正確な制御を許容する、吸着した/反応物化学種の立体的な相互作用に注目して前駆物質分子を選択することが含まれる。

【0004】 ALEには2つの基本的形態が存在する。その1つの形態は直接的なALEプロセスを利用するので、そこにおいては構成元素が基板の上に堆積され、続いてそれらの反応物と最外表面原子との間に直接的な化学反応が起こる。第2のプロセス形態は、基板表面原子と、化学的化合物である反応物分子との間の逐次的な表面交換反応によるものである。

【0005】 典型的には、ALE方式において使用される真空処理室は  $10^{-6}$  Torr 台の高い真空圧力 (比較的大きい圧力である) にまでガス状分子が充填される。真空処理室は頻繁に、暴露間に不活性ガスでバージされる。これらの比較的高い圧力は、通常のパージ操作による膜中への不純物混入の原因となり得る。

【0006】 単結晶表面への分子化学種の正確な添加法についても、Journal of Vacuum Science Technology の第43巻、頁408 (1985年) にC. T. キャンベル (Campbell) とS. M. ベローン (Velone) および Journal of Vacuum Science Technology の第46巻、頁2929 (1988年) にA. ウインクラ (Winkler) とJ. T. イェイツ (Yates) Jr. によって述べられたように理解され、またR. M. ウォーレス (Wallace) によるピッツバーグ大学の学位論文「半導体表面の後方散乱および化学的研究 (Backscattering and Chemical Investigation of Semiconductor Surfaces)」に述べられたように広く学術的な表面科学実験として取り組まれてきた。この技術は典型的には1気圧よりも低い圧力にある高純度ガス蒸気を収容するガス貯蔵容器を用いる。この貯蔵容器は、基板の暴露を行うために用いられる真空処理室へ、直径が数ミクロンの程度のコンダクタンスを制限する小さいオリフィスを介してつながれている。これによって、貯蔵容器の圧力を調節することにより、システム中への分子流束を正確に制御することができるようになる。分子の流束は、一般的に基板方向を向いた、細管の配列を含む流出細管アセンブリを通して送り出される。

【0007】 既述のように、従来技術において必要であったバージ工程は、原子および/または分子尺度で機能するシステムに対しては不純物を混入させる原因となる。従って、操作手順からバージ工程を省くことが望ましい。

## 【0008】

【発明の概要】前駆物質ガスの方向づけられた流出分子線と適当なガス貯蔵容器とを使用することによって、基板は高度な正確さで以てガス状の前駆物質分子に曝され、その結果非常に低い雰囲気温度においてエピタキシャルな、または非晶質な吸着単原子層が形成できる。流出線は、コンダクタンスを制限する小さいオリフィスでガス貯蔵容器から隔てられた適当な細管配列を用いることによって方向づけることができる。基板表面の暴露は、ビームのシャッタ操作、ガス貯蔵容器の供給圧力の調節、そして直接ビームに対する基板の相対位置の移動によって制御される。

【0009】正確な、方向づけられた流出ビームの使用によって、従来のALEにおける中断パージ工程なしに基板表面を当該前駆物質分子へ暴露させることが可能となり、そのため真空容器壁からの不純物の混入が回避される。基板付近の局所的な圧力は $10^{-7}$ ないし $10^{-8}$  Torr台であり、一方、処理室の残りの領域の圧力は $10^{-9}$ およびそれ以下という超高真空度領域に留まっている。用いられる化学種毎に別々のガス添加設備を使用することによって純度もまた保たれる。

【0010】付属の貯蔵容器のガス圧を制御することによって、コンダクタンスを制限するオリフィスを通して基板へ供給される分子の流束が制御される。基板の添加位置を制御することによって、確立された角度分布計算に基づいて基板表面の被覆性が制御できる。表面膜の成長は、ALEプロセスと、シャッタの使用、ポンプ、または結晶の位置決めとによって制御される。シャッタおよび基板の位置制御は、残留ガス分析器のような分圧モニタのコンピュータ制御によって提供される。ポンプのバルブもまたコンピュータ制御される。前駆物質ガスの供給圧力は、圧力モニタ装置とバルブ、または質量流量制御装置によって保持される。

【0011】極端に低い圧力において暴露を実行することによって、膜の純度は従来の原子層エピタキシーのそれを凌駕する。更に、材料およびドーパントの分布も単原子層厚の尺度で制御できる。真空処理室のガスパージが不要のため成長速度が加速される。要求される真空の圧力のために、気相での成長核発生の機会が減少する。

【0012】従来技術に比べてより少量の前駆化学物質／ガスしか必要でないため、経済的な特長も得られる。更に、有害な化学物質の量も、もし必要とされるとしても、少なくとも済むため、健康への危険度も小さくなり、廃棄処分の必要も少なくなる。

【0013】本発明に従うシステムと方法は分子線エピタキシー等の従来の超高真空成長技術と組み合わせて使用でき、それによってガス状にすることが容易でないソース材料化学種を含めることができる。このように、方法を組み合わせることによって広範囲な化学的化合物を膜中へ取り込むことができるようになる。

## 【0014】

【実施例】図1およびそこに示されるシステムを参照すると、誘電体および／または金属の堆積を必要とする任意のデバイスがそこにおいて作製できる。半導体デバイスを作製する場合を想定すると、約 $10^{-9}$ ないし約 $10^{-11}$  Torrおよびそれ以下という真空度の超高真空処理室1が提供される。例えば、ガリウム砒素のようなIII-V族化合物半導体やシリコン、その他のような望ましくは単結晶基板である適当な基板3が処理室1中に配置され、x、y、およびz方向（すなわち三次元的に）移動できるようになっており、また標準的な自動ウエハホルダに備わっているように、標準的な仕様では試料を通る軸周りに回転可能となっている。目的は、基板表面を添加アセンブリの見通し線の方に揃えることを可能とすることである。

【0015】貯蔵容器5のバルブを開閉することによって決定される、予め定められた量の適当なガス（または複数のガス）が、ガス貯蔵容器から、約1ないし5ミクロンの直径を有するコンダクタンス制限オリフィス9と細管を配列状に配置した添加器7を通して、基板に近接した場所から真空処理室雰囲気中へ排出される。後者はオリフィスの形であることが望ましく、真空処理室内の場所から基板3方向へ向けられている。添加アセンブリはガス状の前駆物質を基板表面へ空間的に制御された形で供給する手段を提供する。添加器は例えば、円筒状の管から作られ、あるいは微細管配列のようにもっと複雑な孔の配列の形（シャワーヘッド）に作られる。オリフィスの目的は、前駆物質の貯蔵容器から添加アセンブリへ、更にそこから基板へ、ガス状の前駆物質を、制御して、再現性よく供給することを可能とすることである。オリフィスの寸法は、コンダクタンスが貯蔵容器の圧力に依存せずに（すなわち分子流運動モデルが適用できる）、また真空処理室の完全性（そして、膜の純度）が保持されるように、妥当な成長速度として許容できる速度に前駆物質分子の流束を制御する重要な値である。

【0016】処理室中の圧力はそこへのガスの流入によって主として基板3の近傍において上昇し、基板上へのガスのうちのいくらかが分解して堆積することによって低下するであろう。処理室1中の圧力、特に基板3の近傍の圧力をモニタして、処理室中で十分な量のガスが基板1上へ堆積した時点を決定する。基板近傍の圧力は、例えば残留ガス分析器（RGA）によって間接的にモニタされる。RGAは添加アセンブリ中へ導入される前駆物質のこの流束の一部が基板3に遮られ、その後、その表面において反応を起こす。前駆物質の残りのものは基板に衝突することなく通り過ぎ、処理室中にランダムに散乱される。この前駆物質に関するRGA信号はこのランダムな流束の尺度と考えることができ、基板付近の局所的な圧力の間接的なモニタとして役立つ。貯蔵容器

5

排気システム11は、バルブを閉めた原材料タンク5を除いて、残留している前駆物質化学種を貯蔵容器の容積から除去する。オリフィス9と添加アセンブリ7との間の領域は処理室1排気システムによって排気される。これは小さいガス容積であって、試料の近傍からのガスの除去は迅速に行い得る。オリフィス9と添加アセンブリ7との間の小さいエリアには流束の一時的な制御を改善するために、第2の排気/バルブ構造を設けることができる。シャッターアセンブリも、添加アセンブリ7と基板3との間に置かれる場合、このために使用できる。上述

の手順を次に再実行して、同じまたは異なる材料の次の原子層または分子層を形成し、最終的な望みの構造を得るまで必要な回数、これを繰り返すことができる。

【0017】ガス貯蔵容器5は、各々にバルブを備えた複数のガス収容タンクを含んでいる。各々の堆積工程において必要とされる特定のガスまたは複数のガスによってどのガス収容タンクを開くべきかが決まる。更に、ガス収容タンクの各々では既知の圧力が保たれることで、各タンクのバルブを開閉することにより既知の量のガスが解放または停止されるようになっている。

【0018】例えば、ドーピングされたガリウム砒素の層を基板3上に作製することを想定すると、まず清浄な未ドーピングのガリウム砒素が基板として選ばれ、従来の排気システム（図示されていない）によって処理室1は $10^{-10}$  Torrの真空中に排気される。ドーピングされたガリウム砒素層を作製するために必要とされるガスがガス貯蔵容器5中へ約0.1ないし約10 Torrの圧力で供給される。ガス貯蔵容器5には、適当なガスが加圧されて収容された複数の別々になったタンクが含まれ、各タンクにはそのタンクからガスを流出させるための制御されたバルブ（図示されていない）が設けられている。この圧力領域において、オリフィス9は与えられた前駆物質に対して一定の漏れ流量を有する。典型的な値は $10^{-12}$ ないし $10^{-13}$ 分子/秒間である。要求される数値は基板3表面の反応性サイトの数に依存する。これのおおよその見積値は、例えば約 $10^{15}$ サイトである。従って、前駆物質との化学的反応を通して反応性表面サイトを完全に埋め尽くすためには100ないし1000秒という時間が必要である。鍵となる概念はALEプロセスの有する自己制限性である。すなわち、人がやるべきことは単に前駆物質ガスの量をおおよそ制御することだけであって、自己制限的な表面反応が残りの作業の面倒を、定義に従って見る。従って、タンク5のうちの1つから、それに付随するバルブを既知の時間だけ開閉することによって、細管配列添加器7とコンダクタンス制限オリフィス9を通して、排気された処理室1中へアルシンガスが導入される。オリフィス9の直径は約1ないし5ミクロン、望ましくは3ミクロンである。上述の排気系列を用いて、その他の前駆物質化学種（トリメチルガリウムとシリンドーパント）が継続して導入される。前駆物質を

6

継続的に導入することによって、貯蔵容器中での望ましくない気相反応を回避することができる。これは処理室1中での圧力の何らかの上昇を招き、その圧力は、基板3上への気相からの材料分解および/または堆積によってもたらされる予め定められた値への低下復帰まで標準的な圧力測定装置（図示されていない）によって監視される。圧力の変化は基板表面へ堆積した材料の量の尺度である。前駆物質ガスがガリウム、砒素、そしてドーパントを含む場合には、ドーピングされたガリウム砒素が基板3上へ堆積する。

【0019】原子層エピタキシーは、自己制限的な成長を示す前駆物質の使用に基づいている。理想的な前駆物質は、当該元素の単原子層を堆積させる化学種を含んでおり、その単原子層は付加的な刺激、あるいは更に初期の化学種と反応する第2の前駆物質化学種の存在なしには、それ以上の反応を起こさない。この方法は2つよりも多い反応物を含むことができ、理想的にはデルタ・ドーピング（構造中に単原子層のドーパントが配置され、各々のドーパントが電気的に活性化している場合）に使用するのに適している。特定実施例として、シリコンカーバイド（SiC）の成長のための原子層エピタキシーの利用について述べることにする。

【0020】用いられるシリコン前駆物質は $\text{SiCl}_2\text{H}_2$ であり、炭素前駆物質は $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ である。アルミニウムはSiCに対するp形ドーパントであり、従ってアルミニウム前駆物質としては $\text{Al}(\text{CH}_3)_3$ の使用が適当である。さて、SiC基板が $\text{SiCl}_2\text{H}_2$ の制御された量に曝されると、それはSiC表面に結合し、この過程で2つの水素原子が失われる。一旦、単原子層が堆積されると、基板表面は $\text{Si}-\text{Cl}$ 化学種で覆われる。この基板表面はもはや反応性でなく、したがってSiの堆積は停止する。次の工程は表面を再び反応性とするため、塩素を除去することである。この作業を実行するにはいくつかの方法がある。例えば、理想的な解決法は、表面を制御された量の $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ に曝すことを含み、それによって表面に結合している塩素を気体（ $\text{HCl}$ および $\text{Cl}_2$ ）として解放し、それによって表面に炭素を堆積させるものである。他の解決法は（1）基板表面を原子状の水素に曝すことによって $\text{H}-\text{Cl}$ を形成させる、（2）紫外線を基板表面に照射して $\text{Si}-\text{Cl}$ の結合を断ち切る、（3）基板表面を加熱して $\text{Si}-\text{Cl}$ 結合を熱的に断ち切る、を含む。塩素を除去した後は、反応性のシリコン表面が炭素を運ぶ前駆物質 $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ に曝されることになり、それによって炭素の単原子層が堆積することになる。再び、上述のようにして塩素を除去する。プロセスの適当な時点で同じようにしてアルミニウムドーパントが付加される。適当な時点というのは構造中のドーパントを必要とする層が堆積された時である。

【0021】堆積は比較的低温で起こっているので終端

7

されている表面は全く安定であることを指摘しておく。末端化学種を除去するために中間的な反応物を使用することが必要ではあっても（例えば上述の塩素の例）、上述の流出線装置を通して制御された暴露を行うことによって、他の方法では不可能な複雑な構造を成長させることができる。これは、開示された本方法を標準的なALEまたはマイグレーションによって促進されるエピタキシーと区別する重要な特徴である。

【0022】基板3は一般に室温にある。しかし、必要に応じて、標準的なやり方で加熱または冷却することができ、それによって基板上への成長を刺激することができる。

【0023】貯蔵容器排気システム11は処理室1中のガスを変更する場合に使用される。その場合、ガス貯蔵容器5を閉じて、コンダクタンスを制限するオリフィス9および細管配列添加器7中のすべての残留ガスが貯蔵容器排気システム11中へ排気される。次に別の単原子層または単分子層を形成するための、上述の前駆物質の1つまたは複数個が、必要に応じて同じまたは異なる前駆物質ガスと共に、繰り返し用いられて、作製すべきデバイスが構築される。

【0024】ガス貯蔵容器5のタンクからのガス流量を制御するバルブ（図示されていない）は、例えばコンピュータ制御で自動化しても、あるいは手動であっても構わない。

【0025】真空処理室1中の高真空状態を保つ目的で、真空処理室にロード・ロック（図示されていない）をつないで、処理された基板あるいは処理されるべき基板を、処理室中の真空をほとんど乱すことなく処理室1からロード・ロックへ出し入れできる。このことで、必要とされる高真空状態を達成するために要する時間が短縮される。

【0026】本発明はそれの特定の実施例について説明してきたが、当業者には数多くの変形や修正が直ちに考え付くであろう。従って、特許請求の範囲に請求された本発明は、従来技術の観点から、そのような変形や修正をすべて包含するように可能な限り幅広く解釈されるべきである。

【0027】以上の説明に関して更に以下の項を開示する。

(1) 基板上へ単原子層または単分子層を形成する方法であって：

(a) 排気された処理室中へ基板を配置すること、  
(b) 前記処理室を約 $10^{-9}$  Torrより低い圧力に排気すること、および(c) 前記基板から離れた前記処理室の領域における圧力を低いままに保ちながら、前記処理室中へ予め定められた量の予め定められた複数の前駆物質ガスを、前記処理室中の前記基板に近い場所から注入して、前記基板の表面に前記単原子層または単分子層を形成すること、の工程を含む方法。

8

【0028】(2) 第1項記載の方法であって、前記工程(c)が、その中に前駆物質ガスを予め定められた圧力で収容する複数のタンクを提供すること、前記タンクのうちの予め定められたものを前記のタンク中の前記圧力を保ちつつ前記処理室へ向けて予め定められた時間だけ開くこと、の工程を含んでいる方法。

【0029】(3) 第1項記載の方法であって、前記注入工程が、前記予め定められた量の前記予め定められた前駆物質ガスを、添加量を制限する指向性構造によって主として前記基板に向けて注入する工程を含んでいる方法。

【0030】(4) 第2項記載の方法であって、前記注入工程が、前記予め定められた量の前記予め定められた前駆物質ガスを、添加量を制限する指向性構造によって主として前記基板に向けて注入する工程を含んでいる方法。

【0031】(5) 第1項記載の方法であって、更に前記添加量制限指向性構造から残留している予め定められた前駆物質ガスを除去する工程を含んでいる方法。

【0032】(6) 第2項記載の方法であって、更に前記添加量制限指向性構造から残留している予め定められた前駆物質ガスを除去する工程を含んでいる方法。

【0033】(7) 第3項記載の方法であって、更に前記添加量制限指向性構造から残留している予め定められた前駆物質ガスを除去する工程を含んでいる方法。

【0034】(8) 第4項記載の方法であって、更に前記添加量制限指向性構造から残留している予め定められた前駆物質ガスを除去する工程を含んでいる方法。

【0035】(9) 第5項記載の方法であって、更に第1項の工程を繰り返すことを含んでいる方法。

【0036】(10) 第6項記載の方法であって、更に第2項の工程を繰り返すことを含んでいる方法。

【0037】(11) 第7項記載の方法であって、更に第3項の工程を繰り返すことを含んでいる方法。

【0038】(12) 第8項記載の方法であって、更に第4項の工程を繰り返すことを含んでいる方法。

【0039】(13) 基板上へ単原子層または単分子層を形成するためのシステムであって：

(a) 排気された処理室、(b) 前記処理室を約 $10^{-9}$  Torrよりも低い圧力に排気するための、前記処理室へつながれた排気装置、および(c) 前記基板から離れた前記処理室の領域における圧力を保ちながら、前記処理室中へ予め定められた量の予め定められた1つまたは複数の前駆物質ガスを、前記処理室中の前記基板に近い場所から注入して、前記基板の表面に前記単原子層または単分子層を形成するための貯蔵容器、を含むシステム。

【0040】(14) 第13項記載のシステムであって、前記貯蔵容器が、その中に前駆物質ガスを予め定められた圧力で収容する複数のタンクを含み、前記タンク

9

クの各々に対して設けられて、前記タンクのうちの予め定められたものを前記タンク中の前記予め定められた圧力を保ちつつ前記処理室へ向けて予め定められた時間だけ開くための制御されたバルブを含んでいるシステム。

【0041】(15) 第13項記載のシステムであって、更に、前記貯蔵容器につながれたコンダクタンスを制限するためのオリフィスと、前記オリフィスにつながれて前記処理室中の前記基板近くへ延びて、前記予め定められた量の前記予め定められた前駆物質ガスを主として前記基板へ向けて導くための細管添加器を含むシステム。

【0042】(16) 第14項記載のシステムであって、更に、前記貯蔵容器につながれたコンダクタンスを制限するためのオリフィスと、前記オリフィスにつながれて前記処理室中の前記基板近くへ延びて、前記予め定められた量の前記予め定められた前駆物質ガスを主として前記基板へ向けて導くための細管添加器を含むシステム。

【0043】(17) 第13項記載のシステムであって、更に前記オリフィスおよび前記添加器から残留している予め定められた前駆物質ガスを除去するための手段を含むシステム。

【0044】(18) 第14項記載のシステムであって、更に前記オリフィスおよび前記添加器から残留している予め定められた前駆物質ガスを除去するための手段を含むシステム。

【0045】(19) 第15項記載のシステムであって、更に前記オリフィスおよび前記添加器から残留している予め定められた前駆物質ガスを除去するための手段を含むシステム。

【0046】(20) 第16項記載のシステムであって、更に前記オリフィスおよび前記添加器から残留している予め定められた前駆物質ガスを除去するための手段を含むシステム。

10

て、更に前記オリフィスおよび前記添加器から残留している予め定められた前駆物質ガスを除去するための手段を含むシステム。

【0047】(21) 原子層毎にあるいは分子層毎に高純度材料のエピタキシャル成長を行うためのシステムと方法とであって、そこにおいては約 $10^{-9}$  Torrよりも低い圧力に排気された真空処理室中に基板が配置され、前記基板から離れた前記処理室中の領域における圧力を約 $10^{-9}$  Torrよりも低い値に保ちつつ、予め定められた量の複数の予め定められた前駆物質ガスが処理室中の前記基板に近接した場所から前記処理室中へ注入されて、前記基板の表面に原子層または分子層を形成するようになっている。前駆物質ガスは、その中に予め定められた圧力で収容された前駆物質ガスを含む複数のタンクから、前記タンク中の圧力を保ちつつ、前記タンクの予め定められたものを前記処理室へ向けて予め定められた時間だけ開くことによって供給されるようになっている。添加量を制限する指向性構造によって予め定められた量の前駆物質ガスを主として基板へ向けて供給するために、添加量を制限する構造が設けられている。

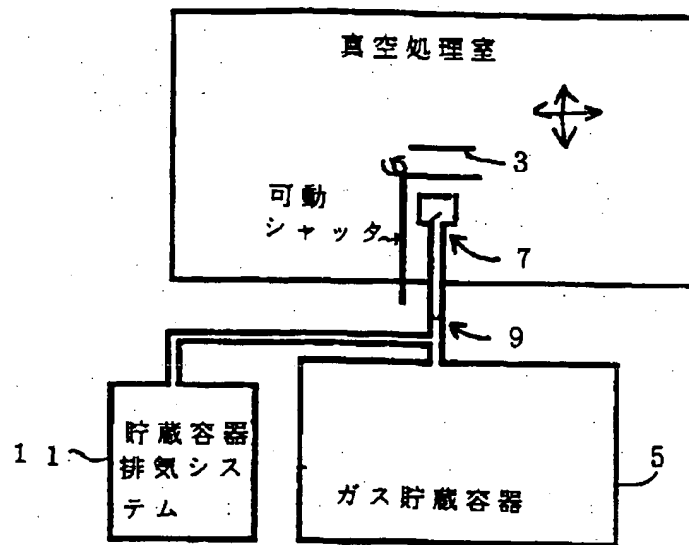
【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に従う、方向づけられた流出線原子層エピタキシーシステムの模式図。

【符号の説明】

- 1 真空処理室
- 3 基板
- 5 貯蔵容器
- 7 細管配列添加器
- 9 オリフィス
- 11 貯蔵容器排気システム

【図1】





\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] A method characterized by providing the following \*\* which arranges a substrate all over a processing room by which is the method of forming a monoatomic layer or a monomolecular layer in up to a substrate, and (a) exhaust air was carried out (b) \*\* which exhausts said processing room to a pressure lower than about ten to 9 Torr and (c) -- \*\* which pours in two or more precursor gas by which an amount beforehand defined all over said processing room was beforehand defined while maintaining a pressure in a field of said processing room distant from said substrate as low from a location near said substrate in said processing room, and forms said monoatomic layer or monomolecular layer in the surface of said substrate \*\*\*\*\*

[Claim 2] A processing room by which is a system for forming a monoatomic layer or a monomolecular layer in up to a substrate, and (a) exhaust air was carried out, (b) Maintaining a pressure in a field of the exhaust connected at said processing room for exhausting said processing room to a pressure lower than about ten to 9 Torr, and said processing room distant from the (c) aforementioned substrate A system containing a storage container for pouring in one or more precursor gas by which an amount defined beforehand was defined beforehand from a location near said substrate in said processing room all over said processing room, and forming said monoatomic layer or monomolecular layer in the surface of said substrate.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DETAILED DESCRIPTION

## [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the method and equipment for carrying out epitaxial growth of the material of a high grade for every monoatomic layer and every monomolecular layer.

[0002]

[Description of the Prior Art] Atomic layer epitaxy (ALE) is stated to the 42nd volume of Vacuum, and a page 61 (1991) by M.A. Herman (Harman). Moreover, it is stated to Atomic Layer Epitaxy by T. Suntola (Suntola) and M. Simpson (Simpson) edit which were published from Chapman and Hall in 1990. As furthermore stated to U.S. Pat. No. 4,048,430 by T. Suntola (Suntola) and M. ANTOSON (Antson), it is known for the past ten years or more. It has been shown that ALE can create the quality crystal film of various materials. An ALE method is the one special mode of other physical and chemical deposition grown methods like gaseous-phase deposition (CVD) or molecular beam epitaxy (MBE) in fact. ALE is based on the chemical reaction on the surface of a substrate which was processed carefully and which was heated typically. A membranous configuration element is serially supplied to a target to a sample as a pulse of a neutral molecule or an atom.

[0003] the point that the bond (reactant site) with which the chemical reaction in an ALE process can use on the surface will be buried completely -- setting -- self -- it is restrictive (self RIMITINGU). This restricts membranous growth to the reactant chemical species of a monolayer. It is expected that it will let it pass to use the surface chemistry reaction in this process, and reactant promotion of a precursor will take place in low temperature more. Molecule chemical species are chosen from a known surface chemistry reaction so that a self-restrictive reaction and a lower growth temperature can be used. Choosing a precursor molecule paying attention to a reaction and a lower growth temperature is included in this selection. Choosing a precursor molecule paying attention to the three-dimensional interaction of the /reactant chemical species which permit exact control of surface coating and to which it stuck is included in this selection.

[0004] Two fundamental gestalten exist in ALE. The one gestalt uses a direct ALE process, in there, a configuration element accumulates on a substrate, and a direct chemical reaction occurs between those reactants and an outermost surface atom continuously. The 2nd process gestalt is based on the successive surface exchange reaction between a substrate surface atom and the reactant molecule which is a chemical compound.

[0005] Typically, as for the vacuum processing room used in an ALE method, even vacuum pressure with a high  $10^{-5}$  Torr base (it is a comparatively large pressure) is filled up with a gas molecule. A vacuum processing room is frequently purged with inert gas between exposure. These comparatively high pressures can cause impurity mixing into the film by the usual purge operation.

[0006] Also about the exact addition method of the molecule chemical species on the surface of a single crystal, the 43rd volume of Journal of Vacuum Science Technology, To a page 408 (1985), C.T. Campbell (Campbell), S.M. BERON (Velone), and the 46th volume of Journal of Vacuum Science Technology, It is understood that it was described to the page 2929 (1988) by A. Winkler (Winkler) and J.T. Yeats (Yates) Jr. Moreover, R.M. Wallace () [ Wallace ] The thesis of University of Pittsburgh to twist "the backscattering on the surface of a semiconductor, and chemical research () [ Backscattering and Chemical Investigation of Semiconductor Surfaces ] " -- as stated, it has tackled as a large scientific surface science experiment. This technology uses the gas storage container which holds the high grade gas steam in a pressure typically lower than one atmospheric pressure. The diameter is connected through the small orifice which restricts the conductance which is the degree which is several microns at the vacuum processing room used in order that this storage container may expose a substrate. The molecular flow bunch to the inside of a system can be correctly controlled now by this by adjusting the pressure of a storage container. The flux of a molecule is sent out through the outflow capillary assembly including the array of a capillary which generally turned to the direction of a substrate.

[0007] Like previous statement, the required purge production process becomes the cause which makes an impurity mix to the system which functions with an atom and/or a molecule scale in the conventional technology. Therefore, it is desirable to skip a purge production process from operating procedure.

[0008]

[Summary of the Invention] By using the outflow molecular beam with which precursor gas was oriented, and a suitable gas storage container, a substrate is advanced accuracy, with is put to a gas precursor molecule, and, as a result, can form an amorphous adsorption monoatomic layer epitaxial in very low ambient temperature. An outflow line can be oriented by using the suitable capillary array separated from the gas storage container by the small orifice which restricts conductance. Exposure on the surface of a substrate is controlled by migration of the relative position of the shutter operation of a beam, accommodation of the supply

pressure of a gas storage container, and the substrate to a direct beam.

[0009] By exact use of the oriented outflow beam, it becomes possible to make the substrate surface expose without the interruption purge production process in the conventional ALE to the precursor molecule concerned, therefore mixing of the impurity from a vacuum housing wall is avoided. The local pressures near a substrate are  $10^{-7}$  thru/or a  $10^{-8}$  Torr base, and, on the other hand, the pressure of the remaining fields of a processing room has stopped at the field whenever [ of less than / it /  $10^{-9}$  and ultra-high-vacuum ]. Purity is also maintained by [ which are used ] using separate gas addition equipment for every chemical species.

[0010] By controlling the gas pressure of an attached storage container, the flux of the molecule supplied to a substrate through the orifice which restricts conductance is controlled. By controlling the addition location of a substrate, the covering nature on the surface of a substrate is controllable based on the established angular distribution count. Growth of a membrane surface is controlled by the ALE process and positioning of use of a shutter, a pump, or a crystal. The position control of a shutter and a substrate is offered by the computer control of a partial pressure monitor like a residual-gas analyzer. Computer control also of the bulb of a pump is carried out. The supply pressure of precursor gas is held by the pressure monitoring device, the bulb, or the mass flow rate control unit.

[0011] By performing exposure in an extremely low pressure, membranous purity \*\*\*\* it of the conventional atomic layer epitaxy. Furthermore, distribution of a material and a dopant is also controllable by the scale of monatomic thickness. Since the gas purge of a vacuum processing room is unnecessary, a growth rate is accelerated. For the pressure of the vacuum demanded, the opportunity of the growth karyogenesis in a gaseous phase decreases.

[0012] Since only more nearly little precursive chemical / gas are required compared with the conventional technology, the economical features are also acquired. Furthermore, though the amount of a harmful chemical is also needed, since there are and they end, the danger to health also becomes small and its necessity for disposal also decreases. [ few ]

[0013] The system and method of following this invention can be used combining the conventional ultra-high-vacuum growth technology, such as molecular beam epitaxy, and making it a gas by it can include the source material chemical species which are not easy. Thus, a wide range chemical compound can be incorporated now into a film by combining a method.

[0014]

[Example] If the system shown in drawing 1 and there is referred to, the device of arbitration which needs deposition of a dielectric and/or a metal can produce in there. An assumption of the case where a semiconductor device is produced offers about  $10^{-9}$  thru/or about ten to 11 Torr, and the ultra-high-vacuum processing room 1 of the degree of vacuum of less than [ it ]. For example, the group III-V semiconductor and silicon like gallium arsenide, and a suitable substrate 3 like others which is a single crystal substrate desirably are arranged all over the processing room 1, and it is pivotable to x, y, and the circumference of the shaft which passes by standard specification along a sample as it has come to be able to carry out the direction (namely, in three dimensions) migration of z and the standard automatic wafer holder is endowed. The purpose is making it possible to arrange the substrate surface in the direction of the line-of-sight of an addition assembly.

[0015] It passes along the addition machine 7 which is determined by opening and closing the bulb of a storage container 5 and with which gas with the suitable amount defined beforehand (or two or more gas) has arranged the conductance restriction orifice 9 which has about 1 thru/or the diameter of 5 microns, and the capillary in the shape of an array from the gas storage container, and is discharged into a vacuum processing room ambient atmosphere from the location close to a substrate. As for the latter, it is desirable that it is the form of an orifice, and it is turned in the substrate 3 direction from the location of the vacuum processing interior of a room. An addition assembly offers a means to supply a gas precursor to the substrate surface in the form controlled spatially. An addition machine is made from the pipe of the shape for example, of a cylinder, or is made by the form (shower head) of the array of a more complicated hole like a microtubule array. The purpose of an orifice is making it possible further to control a gas precursor and to supply it with sufficient repeatability from the storage container of a precursor from there to a substrate to an addition assembly. The size of an orifice is an important value which controls the flux of a precursor molecule at a speed permissible as an appropriate growth rate, as the integrity (and membranous purity) of a vacuum processing room is held without conductance being dependent on the pressure of a storage container (that is, a molecular flow movement model being applicable).

[0016] The pressure in a processing room will rise [ mainly / near the substrate 3 ] by the inflow of gas there, and it will decline, when some of the gas to a substrate top decompose and accumulate. The monitor of the pressure in the processing room 1, especially the pressure near the substrate 3 is carried out, and the time of sufficient quantity of gas depositing on up to a substrate 1 all over a processing room is determined. The monitor of the pressure near the substrate is indirectly carried out for example, by the residual-gas analyzer (RGA). RGA is adjusted so that the monitor of the partial pressure of the precursor chemical species introduced into an addition assembly may be carried out. A part of this flux of a precursor is interrupted by the substrate 3, and a reaction is caused in the surface of that after that. The remaining things of a precursor are passed without colliding with a substrate, and are scattered about at random all over a processing room. The RGA signal about this precursor can be considered to be the scale of this random flux, and serves as an indirect monitor of the local pressure near a substrate. The storage container pumping system 11 removes remaining precursor chemical species from the capacity of a storage container except for the source material tank 5 on which the bulb was shut. The field between an orifice 9 and the addition assembly 7 is exhausted by processing room 1 pumping system. This is small gas capacity and the gas removal of a from near the sample can be performed quickly. In order to improve temporary control of flux, the 2nd exhaust air / bulb structure can be prepared in the small area between an orifice 9 and the addition assembly 7. A shutter assembly can also be used when placed between the addition assembly 7 and a substrate 3 for this reason. An above-mentioned procedure is rerun next, the next atomic layer or next molecular layer of a the same and different material is formed, and a required count and this are repeatable until it acquires the structure of a final wish.

[0017] The gas storage container 5 contains two or more gas hold tanks which equipped each with the bulb. It is decided which gas

hold tank the specific gas or two or more gas needed in each deposition production process should open. Furthermore, in each of a gas hold tank, the gas of a known amount is released or stopped by opening and closing the bulb of each tank by a known pressure being maintained.

[0018] For example, if it assumes producing the layer of the doped gallium arsenide on a substrate 3, the gallium arsenide which is not doped [ pure ] will be first chosen as a substrate, and the processing room 1 will be exhausted by the vacuum of 10-10 Torr by the conventional pumping system (not shown). The gas needed in order to produce the doped gallium arsenide layer is supplied by the pressure of about 0.1 thru/or about 10 Torr(s) into the gas storage container 5. Two or more tanks by which suitable gas was pressurized and held and which became separate are contained in the gas storage container 5, and the bulb (not shown) by which it was controlled for making gas flow into each tank out of the tank is prepared. In this pressure field, an orifice 9 has a fixed leakage flow rate to the given precursor. A typical value is during 1012 thru/or 1013 molecules / second. It depends on the number of the reactant sites of the substrate 3 surface for the numeric value demanded. The near estimated values of this are about 1015 sites. Therefore, in order to fill a reactant surface site completely through a chemical reaction with a precursor, the time amount of 100 thru/or 1000 seconds is required. The concept used as a key is self-limit nature which an ALE process has. namely, the thing for which what people should do only controls the amount of precursor gas about -- it is -- self -- restrictive surface reaction looks after the remaining activity according to a definition. Therefore, when only known time amount opens and closes the bulb which accompanies it from one of tanks 5, it lets the capillary array addition machine 7 and the conductance restriction orifice 9 pass, and arsine gas is introduced all over the exhausted processing room 1. The diameter of an orifice 9 does not have about 1 and is 3 microns desirably 5 microns. Using an above-mentioned exhaust air sequence, other precursor chemical species (trimethylgallium and silane dopant) continue, and are introduced. By introducing a precursor continuously, the gaseous phase reaction in the inside of a storage container which is not desirable is avoidable. This causes a certain rise of the pressure in the inside of the processing room 1, and the pressure is supervised by pressure survey equipment (not shown) standard to the fall return to the value which is brought about by the material decomposition and/or the deposition from a gaseous phase of a up to [ a substrate 3 ] and which was defined beforehand. Change of a pressure is the scale of the amount of the material deposited on the substrate surface. When precursor gas contains a gallium, arsenic, and a dopant, the doped gallium arsenide deposits on up to a substrate 3.

[0019] atomic layer epitaxy -- self -- it is based on use of the precursor which shows restrictive growth. The ideal precursor includes the chemical species on which the monoatomic layer of the element concerned is made to deposit, and the monoatomic layer does not cause the reaction beyond it further without existence of an additional stimulus, or early chemical species and the 2nd precursor chemical species which react. This two method can contain many reactants and is suitable for using it for delta doping ideally (when the dopant of a monoatomic layer being arranged in structure and each dopant being activated electrically). As a specific example, use of the atomic layer epitaxy for growth of silicon carbide (SiC) will be described.

[0020] the silicon precursor used -- SiCl two H2 it is -- a carbon precursor -- CH2Cl2 it is . Aluminum is p form dopant to SiC, therefore is aluminum (CH3)3 as an aluminum precursor. Use is appropriate. Now, a SiC substrate is SiCl two H2. If put to the controlled amount, it will be combined with the SiC surface and two hydrogen atoms will be lost in this process. When a monoatomic layer accumulates, the substrate surface is once Si-Cl2. It is covered by chemical species. This substrate surface is not reactivity any longer, therefore deposition of Si stops. The following production process is removing chlorine in order to make the surface reactivity again. There are some methods in doing this activity. For example, ideal solution is CH2 Cl2 of an amount which had the surface controlled. The chlorine combined with the surface by it is released as a gas (HCl and Cl2) including putting, and carbon is made to deposit on the surface by it. Other solution contains \*\* which heats (3) substrate surface in which HCl is made to form, and which irradiates (2) ultraviolet rays on the substrate surface, and cuts off association of Si-Cl, and cuts off Si-Cl association thermally by putting (1) substrate surface to atom-like hydrogen. Precursor CH2 Cl2 to which the reactant silicon surface carries carbon after removing chlorine It will be put and a carbonaceous monoatomic layer will accumulate by it. Again, chlorine is removed as mentioned above. An aluminum dopant is similarly added at the suitable time of a process. A suitable time is a time of the layer which needs the dopant in structure depositing.

[0021] Since deposition has taken place at low temperature comparatively, it points out that the surface by which termination is carried out is completely stable. In order to remove termination chemical species, even if it is required to use an in-between reactant (for example, example of above-mentioned chlorine), by other methods, impossible complicated structure can be grown up by performing exposure controlled through above-mentioned outflow line equipment. This is the important feature which distinguishes this indicated method from the epitaxy promoted by standard ALE or migration.

[0022] Generally a substrate 3 is in a room temperature. However, necessity can be accepted, it can heat or cool by the standard practice, and growth of a up to [ a substrate ] can be stimulated by it.

[0023] The storage container pumping system 11 is used when changing the gas in the processing room 1. In that case, the gas storage container 5 is closed and all the residual gas in the orifice 9 which restricts conductance, and the capillary array addition machine 7 is exhausted into the storage container pumping system 11. Next, it is repeatedly used with the precursor gas by which one or more of an above-mentioned precursor for forming an another monoatomic layer or an another monomolecular layer are the same, or differ if needed, and the device which should be produced is built.

[0024] Whether it automates by computer control or the bulb (not shown) which controls the quantity of gas flow from the tank of the gas storage container 5 is manual, it is not cared about.

[0025] A load lock (not shown) is connected with a vacuum processing room, and the processed substrate or the substrate which should be processed can be taken in and out of the processing room 1 to a load lock, without disturbing most vacuums in a processing room in order to maintain the high vacuum condition in the vacuum processing room 1. The time amount which this takes in order to attain the high vacuum condition needed is shortened.

[0026] Although it has explained the specific example of that, to this contractor, much deformation and corrections will invent this invention immediately. Therefore, this invention for which the claim was asked should be interpreted as including all of such deformation or correction from a viewpoint of the conventional technology as broadly as possible.

[0027] The following terms are further indicated about the above explanation.

(1) Arrange a substrate all over the processing room by which is the method of forming a monoatomic layer or a monomolecular layer in up to a substrate, and : (a) exhaust air was carried out, (b) Said processing room is exhausted to a pressure lower than about ten to 9 Torr, and (c), maintaining the pressure in the field of said processing room distant from said substrate as low A method including the production process of forming [ pour in two or more precursor gas by which the amount defined beforehand was defined beforehand from the location near said substrate in said processing room all over said processing room, and / in the surface of said substrate ]-said monoatomic layer or monomolecular layer \*\*.

[0028] (2) The way are a method given in the 1st term and only the time amount as which it was beforehand determined towards said processing room in what it was beforehand determined of said tanks to that two or more tanks held by the pressure which was able to define precursor gas beforehand into it were offered, said production process (c) maintaining said pressure in the aforementioned tank includes the production process of open Lycium chinense and \*\*.

[0029] (3) The method which is a method given in the 1st term and includes the production process into which said precursor gas of said amount defined beforehand defined beforehand is poured like said grouting mainly towards said substrate by the directional structure which restricts an addition.

[0030] (4) The method which is a method given in the 2nd term and includes the production process into which said precursor gas of said amount defined beforehand defined beforehand is poured like said grouting mainly towards said substrate by the directional structure which restricts an addition.

[0031] (5) A method including the production process which removes the precursor gas which is a method given in the 1st term and remains from said addition limit directional structure further, and which was defined beforehand.

[0032] (6) A method including the production process which removes the precursor gas which is a method given in the 2nd term and remains from said addition limit directional structure further, and which was defined beforehand.

[0033] (7) A method including the production process which removes the precursor gas which is a method given in the 3rd term and remains from said addition limit directional structure further, and which was defined beforehand.

[0034] (8) A method including the production process which removes the precursor gas which is a method given in the 4th term and remains from said addition limit directional structure further, and which was defined beforehand.

[0035] (9) The method which is a method given in the 5th term and includes repeating the production process of the 1st term further.

[0036] (10) The method which is a method given in the 6th term and includes repeating the production process of the 2nd term further.

[0037] (11) The method which is a method given in the 7th term and includes repeating the production process of the 3rd term further.

[0038] (12) The method which is a method given in the 8th term and includes repeating the production process of the 4th term further.

[0039] (13) The processing room by which is a system for forming a monoatomic layer or a monomolecular layer in up to a substrate, and : (a) exhaust air was carried out, (b) Maintaining the pressure in the field of the exhaust connected at said processing room for exhausting said processing room to a pressure lower than about ten to 9 Torr, and said processing room distant from the (c) aforementioned substrate The system containing the storage container for pouring in one or more precursor gas by which the amount defined beforehand was defined beforehand from the location near said substrate in said processing room all over said processing room, and forming said monoatomic layer or monomolecular layer in the surface of said substrate.

[0040] (14) The system containing the bulb by which it was controlled for being a system given in the 13th term, and said storage container being prepared to each of said tank including two or more tanks held by the pressure which was able to define precursor gas beforehand into it, and opening only the time amount beforehand defined towards said processing room in what it was beforehand determined of said tanks as, maintaining said pressure in said tank defined beforehand.

[0041] (15) The system containing the capillary addition machine for being a system given in the 13th term, being tied to the orifice for restricting further the conductance connected with said storage container, and said orifice, extending near [ said ] the substrate in said processing room, and turning and leading said precursor gas of said amount defined beforehand defined beforehand mainly to said substrate.

[0042] (16) The system containing the capillary addition machine for being a system given in the 14th term, being tied to the orifice for restricting further the conductance connected with said storage container, and said orifice, extending near [ said ] the substrate in said processing room, and turning and leading said precursor gas of said amount defined beforehand defined beforehand mainly to said substrate.

[0043] (17) A system including the means for removing the precursor gas which is a system given in the 13th term and remains from said orifice and said addition machine further and which was defined beforehand.

[0044] (18) A system including the means for removing the precursor gas which is a system given in the 14th term and remains from said orifice and said addition machine further and which was defined beforehand.

[0045] (19) A system including the means for removing the precursor gas which is a system given in the 15th term and remains from said orifice and said addition machine further and which was defined beforehand.

[0046] (20) A system including the means for removing the precursor gas which is a system given in the 16th term and remains from said orifice and said addition machine further and which was defined beforehand.

[0047] (21) Or it is with the system for performing epitaxial growth of a high grade material for every molecular layer, and a method, every atomic layer -- Maintaining at a value lower than about ten to 9 Torr the pressure in the field in said processing room which the substrate has been arranged all over the vacuum processing room exhausted by the pressure lower than about ten to 9 Torr, and is distant from said substrate in there The precursor gas of the plurality of the amount defined beforehand defined beforehand is poured in all over said processing room from the location close to said substrate in a processing room, and forms an atomic layer or a molecular layer in the surface of said substrate. Only the time amount which precursor gas turned to said processing room what said tank was beforehand determined as, maintaining the pressure in said tank from two or more tanks containing the precursor gas held by the pressure defined beforehand into it, and was defined beforehand is supplied by open Lycium chinense. In order to mainly turn to a substrate the precursor gas of the amount defined beforehand and to supply it by the directional structure which restricts an addition, the structure of restricting an addition is established.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DESCRIPTION OF DRAWINGS**

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The mimetic diagram of the oriented outflow line atomic layer epitaxy system according to this invention.

[Description of Notations]

1 Vacuum Processing Room

3 Substrate

5 Storage Container

7 Capillary Array Addition Machine

9 Orifice

11 Storage Container Pumping System

---

[Translation done.]